



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 08 467 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 04 B 13/00**  
F 04 B 37/12  
F 04 B 21/02

②① Aktenzeichen: P 43 08 467.2  
②② Anmeldetag: 3. 3. 93  
②③ Offenlegungstag: 5. 5. 94

DE 43 08 467 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
28.10.92 DE 42 36 445.0 23.12.92 DE 42 43 911.6

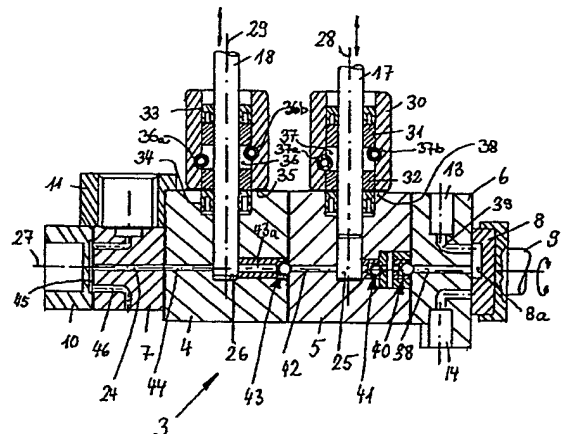
⑦① Anmelder:  
Funke, Herbert, Dr., 85235 Odelzhausen, DE

⑦④ Vertreter:  
Döring, R., Dr.-Ing., 38102 Braunschweig; Fricke, J.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 80331 München; Einsel, M.,  
Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 38102 Braunschweig

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤④ Hochdruckpumpe zur Flüssigkeits-Feindosierung

⑤⑦ Die Erfindung schlägt zur Verkleinerung der Baugröße von Seriell-Pumpenanordnungen vor, mehrere blockscheibenartige Bauelemente zu verwenden. Diese sind aus nichtmetallischem Werkstoff und liegen mit ihren Steuerflächen aneinander in einem (sandwichartigen) Stapel (3). Zwei (4, 5) von diesen blockscheibenartigen Bauelementen (4, 5, 6, 7) weisen - jeweils quer zur Stapelachse (27) orientierte - Verdrängerkammern (25, 26) auf, in welchen je ein Schubkolben (17, 18) geführt ist. Parallel zu der Stapelachse (27) verlaufen Zuström- und Abströmbohrungen (38, 42, 44), in welchen der Hochdruck-Massefluß, beispielsweise eines chemischen Puffers, entsteht. Die beiden erwähnten Bauelemente (4, 5) bilden - für den konstanten und kontinuierlichen Massefluß - die zwei in Reihe liegenden Pumpeinheiten der Seriell-Pumpenanordnung. An den Saug- und Druckseiten der beiden Pumpeinheiten sind Rückschlagventile (40, 41, 43) vorgesehen. Neben der Raumersparnis wird gleichzeitig ein hochkonstanter und hochkontinuierlicher Massefluß erreicht, da die Durchströmwege kürzestmöglich sind. Sie können aus metallfreien, aber hochstabilen Werkstoffen bestehen (insbesondere Saphir). Aufgrund der Kürze ergibt sich ein minimales Totvolumen, aufgrund der metallfreien Werkstoffe nahezu keine Elastizität.



DE 43 08 467 A 1

Das technische Gebiet der Erfindung(en) ist die Feindosierung von Flüssigkeiten auch bei hohem Druck (insbesondere die HPLC-Technik). Bei ihr werden pulsationsarme bzw. pulsationsfreie Pumpen benötigt, die in zwei verschiedenen (grundsätzlichen) Bauweisen eingesetzt werden. Zum einen ist dies — als häufigster Vertreter — eine Schubkolben- oder Hochdruckpumpenanordnung mit zwei parallel geschalteten Zylindern bzw. Pumpeinheiten. Zum anderen ist dies eine serielle Anordnung der Pumpeinheiten.

Zwar ist mit den parallel geschalteten Pumpeinheiten in der Regel eine geringe Pulsation — also eine sehr gleichförmige und konstante Massenförderung — möglich, gleichzeitig birgt eine solche Anordnung der Pumpeinheiten aber einen großen Raumbedarf in sich. Beide Zylinder sind nebeneinander angeordnet und entsprechende Kanäle auf der Hochdruck- und der Niederdruckseite verbinden die parallelen Pumpeinheiten mit den gegenläufig arbeitenden Schubkolben. Beispiele der parallelen Hochdruckpumpen-Anordnung sind in den Fundstellen DE 27 37 062 und US 3,917,531 beschrieben. Neben den parallelen Hochdruckpumpenanordnungen gibt es auch die — erwähnten — in Serie geschalteten Hochdruckpumpen, deren beide Pumpeinheiten in Strömungsrichtung in Serie geschaltet sind. Grundsätzlich werden dabei die beiden Pumpeinheiten auch nebeneinander angeordnet — wie bei der erwähnten parallelen Bauweise — jedoch werden die Kanäle in Strömungsrichtung so geschaltet, daß die Flüssigkeit, die unter Druck die erste Pumpenkammer verläßt, über die zweite Pumpenkammer (als Speicher) geführt wird. Eine solche Anordnung ist — im Hinblick auf die besondere Ausgestaltung der zueinander koordinierten linear bewegten Schubkolben — Gegenstand der Fundstelle DE 32 03 722. Dort geht es um die Vergleichmäßigung des Massenflusses für eine serielle Hochdruckpumpen-Anordnung. Zum technischen Hintergrund der Erforderlichkeit eines gleichmäßigen Massenflusses wird hier betont auf die dortige Spalte 6 (Patentschrift) verwiesen. Ziel und Zweck der dort beschriebenen Pumpenanordnung ist es, die Meßgenauigkeit nach der Trennsäule zu verbessern, wobei keine Störimpulse auftreten dürfen, die durch eine (geringe) Kompression der Flüssigkeit entsteht, die von der Hochdruckpumpen-Anordnung gefördert wird.

Dies ist auch (eine) Aufgabe der vorliegenden Erfindung(en), namentlich die Gleichmäßigkeit des Massenflusses weiter zu erhöhen, jedoch nicht durch eine komplizierte Anpassung der Longitudinalbewegungen der Schubkolben (vgl. die zuletzt genannte Fundstelle), sondern durch eine grundsätzliche Umgestaltung der Pumpenanordnung. Auch diese Aufgabe wird von einer Hochdruckpumpen-Anordnung gemäß der technischen Lehre des Anspruchs 1 gelöst. Dieselbe Aufgabe findet ihre — unabhängige — Lösung in einem Herstellungsverfahren — insbesondere für die erwähnten Hochdruckpumpen-Anordnung — gemäß der technischen Lehre des Anspruchs 12. Auch die Verwendung eines Funktionsblockes (Anspruch 18) für die erwähnte Seriell-Hochdruckpumpen-Anordnung (Anspruch 1) löst die vorangestellte Aufgabe.

Neben der erwähnten (einen) Aufgabe ergibt sich bei Ausführung der Erfindung(en) aber auch der überraschende Erfolg, daß die Seriell-Hochdruckpumpen-Anordnung nur noch ein Kleinstmaß an Bauvolumen benötigt. Dieser Erfolg ergibt sich tragend aus der erfin-

dungsgemäßen Erkenntnis der Zerlegung einer Seriell-Pumpenanordnung in ihre — mehreren — Funktionseinheiten. Diese Funktionseinheiten können dann in Sandwich-Bauweise (Anspruch 4) auf engstem Raum zusammengefügt werden. Die Funktionseinheiten sind die blockscheibenartigen Bauelemente. Sie können aus nichtmetallischem Werkstoff bestehen. Sie werden zu dem erfindungsgemäßen Stapel (Anspruch 12, 1) zusammengesetzt, mit dem sich bereits die Seriell-Pumpenanordnung ergibt. Quer zu der Stapelachse dieser zusammengesetzten blockscheibenartigen Bauelemente sind die Verdrängerräume (Pumpenkammern) orientiert (Anspruch 1); in ihnen laufen die beiden im Gegentakt arbeitenden Schubkolben. Ergänzend zu der Stapelbauweise der blockscheibenartigen Bauelemente werden ihre Verdrängerräume über Zuströmbohrungen (Einlaß) und Abströmbohrungen (Auslaß) miteinander verbunden, die ihrerseits parallel zur Stapelachse orientiert sind. Den Saug- und Druckseiten werden schließlich Rückschlagventile zugeordnet (Anspruch 1, 3).

Begünstigend für die Anordnungen dieser Ventile ist die Stapelbauweise der direkt aneinanderliegenden blockscheibenartigen Bauelemente. Es werden demgemäß also keine Verbindungsleitungen mehr zwischen den Pumpeinheiten — jedes blockscheibenartige Bauelement bildet die Basis einer solchen Pumpeinheit oder Fördereinheit — mehr benötigt und die Einlaß- und Auslaß-Rückschlagventile können unmittelbar in den blockscheibenartigen Bauelementen angeordnet sein; dabei muß jeweils nur ein Ventil jedem der blockscheibenartigen Bauelemente zugeordnet werden (Anspruch 2, 3). Dies begünstigt also einen weiteren erfindungsgemäßen Erfolg, den der geringeren Ventilanzahl. Das die beiden blockscheibenartigen Bauelemente verbindende Ventil kann gleichzeitig als Einlaß- und Auslaßventil dienen. In besonderer Weise kommt der Seriellpumpe mit ihrer unmittelbaren Verbindung der beiden in Strömungsrichtung seriell zueinander angeordneten Pumpeinheiten der Wegfall jedweder Verbindungsleitung zwischen den Pumpeinheiten sowie von und zu den Pumpeinheiten zugute. Dadurch reduziert sich die Verbindungs-Leitungslänge auf nahezu Null und die Ventile können — da sie unmittelbar zwischen den Pumpeinheiten, bzw. den anderen blockscheibenartigen Bauelementen mit ihren besonderen Funktionen, angeordnet sind — präziser arbeiten (Anspruch 3). Diese präzisere Arbeitsweise bedingt unmittelbar den Erfolg noch geringerer Pulsation der geförderten Flüssigkeiten (für die HPLC sind es chemische Puffer). Eine pulsationsfreie Feindosierung der Flüssigkeit wird möglich.

Weiter unterstützt wird die geringe Pulsation der geförderten — ggf. feindosierten — Flüssigkeitsmengen im Wege der Gestaltung der Ventile (Anspruch 3); dabei können die (Ventil-)Kugelführung und der Ventilkugelpstopp direkt an der Verdrängerkammer (an) integriert sein.

Als eine weitere Gestaltungsvariante der zwischen den blockscheibenartigen Bauelementen angeordneten Ventile können Ventilpatronen eingesetzt werden (Anspruch 29). Solche Patronen enthalten ein oder zwei Rückschlagventil(e), die mit Ventilkugeln ausgestattet sind. Die Ventilpatronen werden so zwischen jeweils zwei aneinandergrenzende blockscheibenartige Bauelemente eingesetzt, daß ein Teil der Ventilpatrone in einem der aneinandergrenzenden blockscheibenartigen Bauelemente zu liegen kommt, während der Rest-Teil der Ventilpatrone (in deren Längsrichtung) in dem an-

deren blockscheibenartigen Bauelement eingepaßt ist. So wird mit dieser Ventilpatrone nicht nur die ventilbehafte Förderverbindung zwischen den Funktions-scheiben begründet, sondern auch eine Zentrierwirkung ausgelöst, die es erlaubt, die blockscheibenartigen Bauelemente zu stapeln und gleichzeitig in Längsachs-Richtung über die Ventilpatronen auszurichten.

Ventilpatronen können zwischen allen im Stapel befindlichen blockscheibenartigen Bauelementen eingesetzt werden, so zwischen Speicherkopf und Förderkopf, zwischen Einlaß-Verteiler und Förderkopf, zwischen Speicherkopf und Drucksensor- und Entlüftungs-/Flutungseinheit. Abhängig von der jeweils gewünschten Funktion kann die Ventilpatrone dann eine Ventilkugel mit entsprechendem Ventil Sitz oder zwei in Strömungsrichtung hintereinandergeschaltete Ventilkugeln mit entsprechenden Sitzen aufweisen, auch ist es möglich, eine Blind-Ventilpatrone einzusetzen, die lediglich einen Kanal aufweist, der keinerlei Ventilwirkung hat. So kann z. B. die Auslaßseite des Speicherkopfes eine solche Blind-Ventilpatrone aufweisen, mit welcher der Speicherkopf strömungsmäßig verbunden wird mit dem Entlüftungs-/Flutungs- und Drucksensormodul, das meist die 4. Stufe in der Seriell-Pumpenanordnung (Mischventil, Förderkopf, Speicherkopf und Auslaßseite) aufweist.

Ersichtlich ist auch die schnellere Montagemöglichkeit der jeweils eine bestimmte Funktion tragenden blockscheibenartigen Bauelemente, die nur in einen entsprechenden Stapelraum eingebracht werden müssen, um bereits die grundsätzliche serielle Pumpenanordnung zu erhalten. Sowohl Wartung als auch Austausch beschädigter Funktionseinheiten wird zielstrebig begünstigt. Die in den Ansprüchen 1 bis 7 erwähnten Bohrungen in den blockscheibenartigen Bauelementen, so die Zuström- und Abströmbohrungen bzw. die Einlaß- und Auslaßbohrungen, sind zueinander ausgerichtet, sie können in bautechnisch besonders günstiger Anordnung zu der Stapelachse parallel und in gegenseitiger Fluchtung ausgerichtet sein (Anspruch 8). Es ergibt sich so der kürzestmögliche Verbindungsweg zwischen den blockscheibenartigen Funktionsträgern, was ein minimales Totvolumen in den kürzestmöglichen Verbindungswegen begründet.

Die erwähnten Funktionseinheiten sollen noch einmal kurz herausgestellt werden.

a) Eine Funktionseinheit kann der "Hauptkopf" sein; dieser bildet die Haupt-Pumpeneinheit (Anspruch 1).

b) Eine weitere Funktionseinheit kann der "Speicherkopf" sein; dieser bildet die Neben-Pumpeneinheit, die dem Hauptkopf nachgeschaltet ist. In dieser Funktionseinheit ist auch das Auslaßventil des Hauptkopfes integriert, was maßgeblich die Kürze der zwischen Hauptkopf und Nebenkopf erforderlichen Verbindungsleitungen/Kanäle begründet und das Totvolumen — was in der Regel durch seine (wenn auch geringe) Kompressibilität für parasitäre Massenflußpulsationen verantwortlich ist — auf ein Minimum reduziert (Anspruch 1).

c) Eine Funktionseinheit kann Umschaltfunktion (Wahlfunktion) haben; diese Funktionseinheit wird dem Hauptkopf vorgelagert und ermöglicht das Bereitstellen chemischer Puffer jeder Konsistenz, so Puffer in reiner Form (Anspruch 5), als auch in Gradientenform (gesteuert variables Mischungsverhältnis während der Förderdauer, vgl. Anspruch

6).

d) Eine Funktionseinheit kann Druckmeß- und Entlüftungsfunktion haben; diese Funktionseinheit wird dem Speicherkopf nachgeschaltet. Hier ist das hochdruckseitige Ende der gesamten Seriell-Hochdruckpumpen-Anordnung und die Möglichkeit, den erreichten Druck durch Auflenken des geförderten chemischen Puffers auf einen Druckaufnehmer zu messen (Anspruch 7).

Zur mechanischen Aufnahme der entstehenden hohen Drücke empfiehlt sich eine mechanische Entlastung; diese kann so ausgeführt werden, daß die sandwichartig gestapelten blockscheibenartigen Bauelemente zwischen den Schenkeln eines Jochs angeordnet werden (Anspruch 9). Auch eine Aufnahmebohrung kann den Stapel der Bauelemente aufnehmen. In beiden Fällen sorgt eine (mechanische) Verspannung für Flüssigkeitsdichte zwischen den Bauelementen.

Sind die blockscheibenartigen Bauelemente zylindrisch gestaltet und bilden sie demnach in sandwichartig gestapelter Weise eine zylindrische Seriell-Hochdruckpumpe, so können die einzelnen blockscheibenartigen Funktionsträger jeweils eine umfängliche Abflachung aufweisen, an die eine Führung abdichtend ansetzbar ist, in welcher die — quer zur Stapelachse — laufenden Schubkolben gelagert werden; eine solche Führung kann eine Hülse aus bruchfestem Metall (Edelstahl oder Titan) aufweisen und zwei Führungsringe beinhalten, die axial beabstandet sind (Anspruch 10). Zwischen den Führungsringen wird so eine Spülkammer gebildet, deren flüssiger Inhalt verhindert, daß sich Kristallisationen ausbilden und Leckage begünstigt wird. Die beiden axial beabstandeten Kolben-Führungsringe können oliviert sein; auch kann außerhalb der Führungsringe und des Spülraumes je ein Dichtelement angeordnet sein. Die — olivierten — Führungsringe können mit ihrer Kolben-Führungsbohrung fluchtend zueinander in der Hülse eingeschrumpft sein. Die Spülkammer wird durch Kapillarrohr-Zuleitungen und -Ableitungen mit Flüssigkeit versorgt.

Weiterer Ausdruck des grundsätzlich veränderten Aufbaus der Seriell-Hochdruckpumpe mit den beiden Pumpeinheiten — Hauptkopf und Speicherkopf — ist das Herstellungsverfahren für eine solche Pumpenanordnung (Anspruch 12). Dabei tritt deutlich zutage, daß die Funktionseinheiten in einem Stapelraum aneinandergesetzt werden, wo sie (zunächst) axial leicht verrückbar, jedoch radial unverrückbar fixiert sind. Die axiale Fixierung oder Verspannung wird anschließend mit einer Spannvorrichtung ausgeführt; sie begründet dann den Bestand der in Funktionseinheiten zusammengesetzten Seriell-Hochdruckpumpe. Ersichtlich ist die einfache Zusammenbaubarkeit, die einfache Demontagemöglichkeit, die nicht nur die Wartung begünstigt, sondern auch den von der Pumpenanordnung benötigten Raum auf ein Minimum beschränkt. Die Funktionseinheiten können im wesentlichen zylindrisch gestaltet sein (Anspruch 13); hiermit wird die Fertigung begünstigt, die einen zylindrischen Stapelraum wegen seiner einfacheren Herstellbarkeit bevorzugen würde. Das bei einer Seriell-Pumpenanordnung ebenfalls erforderliche Auslaßventil des Hauptkopfes wird in die Funktionseinheit integriert oder verlagert, die den benachbarten Speicherkopf bildet (Anspruch 14). Die Ventile können als Kugelventile ausgebildet sein (Anspruch 15 bis 17); die erforderlichen Ventilkugeln können fertigungstechnisch besonders günstig bei der Aufeinandererschichtung (beim

Stapeln) der einzelnen Funktionseinheiten zum jeweils erforderlichen Zeitpunkt eingefügt werden. Zusätzliche Befestigungen oder Halterungen für das zwischen den beiden Förder-Funktionseinheiten liegende Ventil entfallen vollständig, nur die Ventilkugel erhält einen Sitz, der nach Einbringen in den (anintegrierten) Kugelstopp in die Ventilkammer eingeschoben wird (Anspruch 15). Zusätzlich kann eine — abdichtende — Flanschdichtung auf den Sitz aufgelegt werden (Anspruch 16). Die erwähnte Dichtung ist hilfreich beim (radialen) Ausrichten des Stapels.

Hervorzuheben ist auch die mehrkanalige Kugelführung (Anspruch 15), die eine direkte Einarbeitung des Ventils in die Blockscheibe ermöglicht — ohne einen bisher gesondert zu fertigenden und einzufügenden Kugelstopp aus Keramik. Das Ventil wird kleiner, leichter zu fertigen und zu montieren.

Eine damit eng verwandte Erfindung schlägt die Verwendung eines Funktionsblockes vor (Anspruch 18), mit welcher eine Seriell-Hochdruckpumpen-Anordnung (Anspruch 1) raumsparend gefertigt (Anspruch 12) werden kann. In dem Funktionsblock ist nur eine Pumpenkammer (Verdrängerraum) vorgesehen und ein — im wesentlichen quer zu ihrer Längsachse — orientiertes Ventil, und zwar unmittelbar im Einlaßkanal zur Verdrängerkammer. Der beschriebene Funktionsblock kann aber auch zu anderen Zwecken verwendet werden.

Für die Gleichmäßigkeit des Masseflusses von Bedeutung (vgl. Seite 2 Abs. 1) ist es auch, den Antrieb der Schubkolben zu beachten. Um nicht den überraschenden Erfolg, daß die Seriell-Hochdruckpumpe nur noch ein Kleinstmaß an Bauvolumen benötigt (vgl. Seite 2 Abs. 2), wieder zunichte zu machen, muß der Antrieb sowohl der Gleichmäßigkeit des Masseflusses dienen, als auch ein Mindestmaß an Raum beanspruchen. Andernfalls würde die nun besonders klein herstellbare Seriell-Pumpe durch ein Übermaß an Antriebs-Overhead belastet werden. Dazu wird ein Z-Antriebskonzept vorgeschlagen, dessen wesentliche Merkmale im Anspruch 20 zusammengefaßt sind. Der Z-Antriebskolben weist dabei einen ersten Schenkel und einen zweiten Schenkel auf, die im wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind. Auf den ersten Schenkel wirkt — mittelbar oder unmittelbar — eine drehbare Kurvenscheibe. Diese Kraftübertragung erlaubt es, daß sich der Z-Antriebskolben — geführt an zwei ortsfesten Führungstangen — parallelverschieben kann. Weil zwei Lager vorgesehen sind, die an den beiden ortsfesten Führungstangen entlanggleiten, wird eine hochgenaue Parallelverschiebung des Z-Antriebshebels (Antriebskolbens) erreicht. Ein zusätzlicher Kipp- und Verdrehungsschutz wird entbehrlich. Der Z-Antriebskolben begründet neben der Raumersparnis und der Unterstützung der Gleichmäßigkeit des Masseflusses letztlich auch die einfache Montage und Justage dieses Antriebs.

Die beiden erwähnten Schenkel können über einen Zwischenschenkel verbunden sein (Anspruch 21). Das ändert nichts daran, daß die beiden Schenkel mechanisch starr in Verbindung stehen, denn auch der Zwischenschenkel verbindet diese beiden Schenkel mechanisch starr; er tut dies, während er im wesentlichen senkrecht zu den beiden zuerst genannten Schenkeln ausgerichtet ist.

Die Kurvenscheibe, mittels welcher die Antriebsleistung auf den Z-Antriebskolben übertragen wird, kann über eine drehbare Rolle oder Walze auf den ersten Schenkel einwirken (mittelbar); eine Druck- oder Zug-

feder dient als Gegenbelastung zu dieser mittelbaren Kraftübertragung, indem sie den ersten Schenkel so kraftbeaufschlagt, daß ein mechanischer Kontakt zwischen der Rolle/Walze und der Kurvenscheibe jederzeit gewahrt bleibt (Anspruch 22). Dazu kann eine Zugfeder eingesetzt werden, die an derjenigen Seite auf den ersten Schenkel einwirkt, auf den die Rolle oder Walze nicht einwirkt (Anspruch 23).

Werden die beiden ortsfesten Führungstangen beidseitig des Krafteinlenkungspunktes des unteren Schenkels angeordnet, so ergibt sich eine symmetrische Lösung, die ein besonders zuverlässiges Parallelverschieben des Z-Antriebskolbens erlaubt (Anspruch 25). Eine weitere Erhöhung der Zuverlässigkeit der Parallelverschiebung und des Ausschlusses jeder Kipp- und Verdrehungsgefahr wird dann erreicht, wenn die eine Führungstange durch den Zwischenschenkel hindurch verläuft und dieser Zwischenschenkel zwei Lager trägt, die das Gleiten auf der Führungstange erlauben (Anspruch 28).

Die erwähnten Kolben (Förderkolben) für die Seriell-Pumpe werden von dem Z-Antriebskolben längsverschoben, dies hat für beide Verdrängerkammern — den Förderkopf und den Speicherkopf — Geltung. Zum Gleiten in Längsrichtung werden diese Förderkolben von einer Schubkolben-Führung (auch: Förderkolben-Führung) in einer Hülse aus Edelstahl oder Titan geführt (Anspruch 11). Damit diese Schubkolbenführung fest und genau an den blockscheibenartigen Bauelementen — denjenigen Bauelementen, die den Förderkopf und den Speicherkopf bilden — angebracht werden können, ist eine Halterungseinrichtung erforderlich. Eine solche Halterungseinrichtung kann beispielsweise eine Schraubverbindung sein, mit der die Kolben-Führungshülsen gegen die blockscheibenartigen Bauelemente gepreßt werden. Dazu bedarf es eines Gegengewindes, das hochgenau zentriert werden muß, um die erforderliche Präzision in der Schubkolben-Führung zu gewährleisten; das ist fertigungstechnisch jedoch besonders problematisch. Deshalb wird vorgeschlagen, hier eine Halterungseinrichtung für eine Kolben-Führungshülse einzusetzen, die einen langgestreckten Rumpf und einen quer zur Längsachse dieses Rumpfes abstehende Nase aufweist (Anspruch 30). Am einen Ende des langgestreckten Rumpfes ist eine Spanneinrichtung vorgesehen, die eine in eine Schraubgewinde im Rumpf eingreifende Schraube sein kann, die ihrerseits an einem Gehäuse oder Body der Seriell-Pumpenanordnung gehalten ist (Anspruch 33). Mit dieser Spanneinrichtung wird der aus Nase und Rumpf gebildete L-Spannhaken (Anspruch 32) parallelverschoben, und zwar parallel zur Längsachse der Förderkolben. Eine sehr genaue Parallelverschiebung des Rumpfes mit Nase (L-Spannhaken) wird durch zwei Anlager erreicht, die am Rumpf angebracht und gegeneinander versetzt sind (Anspruch 30); der Versatz der Anlager gegeneinander kann dabei sowohl gegenüber einer Längsachse als auch gegenüber einer Querachse des Rumpfes vorgesehen sein (Anspruch 34).

Eine besonders günstige Gestaltung des Rumpfes mit abstehender Nase ergibt sich dann, wenn die Nase eine Doppelnase ist (Anspruch 31). Mit dieser Doppelnase, die zwei beabstandete Nasenelemente und zwischen diesen Nasenelementen einen Durchgang aufweist, durch welchen sich der Schubkolben hindurch erstreckt, wird ein Maximum an Zugänglichkeit erreicht. Der L-Spannhaken kann mit dieser Doppelnase auch nach Zusammenbau der Blockscheiben mit den Führungshül-

sen und den darin laufenden Schubkolben noch über die Führungshülsen (deren Stirnseite) greifen und diese verursacht durch die Spanneinrichtung gegen die Blockscheibe pressen. In gleicher Weise — jedoch viceversa — verläuft der Ausbau oder Abbau der Kolben-Führungshülse von den blockscheibenartigen Funktionsträgern im Sandwich-Stapel; der Kolben wird dabei vollständig herausgefahren und mitsamt der Führungshülse nach geringfügigem Lösen des L-Spannhakens unter der Nase weggezogen und damit von den blockscheibenartigen Bauelementen entfernt. Mit dieser Zugänglichkeit ergibt sich die Service-Freundlichkeit, die ein leichtes Austauschen der Führungshülse erlaubt. Gleichzeitig ist dieser Spannhaken besonders einfach zu verstellen, denn er kann durch Verändern der Spanneinrichtung unmittelbar neben den Schubkolben in Schubkolbenrichtung in seiner Lage längsverschoben werden und wird dabei von den beiden Anlagern, die jeweilige Widerlager am Gehäuse haben (Anspruch 35), präzise geführt.

Eines der Anlager kann als Querstift ausgeführt sein, der im Übergangsbereich zwischen Rumpf und Nase angeordnet ist und beidseitig des langgestreckten Rumpfes hervorragt (Anspruch 36). Mit dem beidseitig hervorragenden Querstift — der auch zweigeteilt sein kann — liegt der Spannhaken dann auf den seitlichen Schultern einer Führungsgrube, in welche der langgestreckte Rumpf des Spannhakens selbst mit ausreichend Bewegungsspiel eingepaßt ist.

Besonders geeignet ist der L-Spannhaken in Verbindung mit dem Z-Antrieb (Anspruch 30, Anspruch 20), wobei der L-Spannhaken zwischen Z-Antriebskolben und den funktionstragenden Blockscheiben der Seriell-Pumpenanordnung (Anspruch 1) angeordnet wird. In Kombination erlauben sie beide — der Z-Antrieb und der L-Spannhaken — die größtmögliche Reduzierung des benötigten Platzes. Daneben wird durch den aufgebrachten Anpreßdruck der Spannhaken die Kolben-Führungshülse so stark gegen die funktionstragenden Blockscheiben gepreßt, daß unter Vermeidung elastischen Arbeitens die auf die Kolbendichtungen wirkenden beträchtlichen hydraulischen Kräfte während des Pumpens zuverlässig aufgenommen werden.

Meist wird eine zusätzliche Dichtung auf der äußeren Stirnseite der Kolben-Führungshülse angebracht sein, auf die die Einfach- oder Doppelnase des L-Spannhakens (der Haltevorrichtung) preßt.

Die Kombination mehrerer oder aller vorstehend ausgeführten Gedanken kann Grundlage eines tragbaren Analysensystemes werden, was zur Lösung der Mobilitätsprobleme eines HPLC-Analysensystems vorgeschlagen wird (Anspruch 37). Fußend auf der Sandwich-Gestaltung (der Stapelbauweise der Funktionseinheiten einer Seriell-Pumpenanordnung) kann dieser ein Auswertestapel angefügt werden, der alle Funktionseinheiten eines HPLC-Analysensystems aufweist. Es ist eine Probenaufgabe-, eine Trennsäulen- und eine Detektor-Funktionseinheit vorgesehen, die unmittelbar aneinander grenzend so angeordnet sind, daß zwischen ihnen keine (zusätzliche) Leitungsverbindung für das geförderte Medium (Förderflüssigkeit) entsteht (Anspruch 39). Die Trennsäule wird zur Platzersparnis als Bündelkanal-Trennsäule ausgeführt, die entweder Mäander-Gestalt aufweist oder in einer spiralförmigen Wicklungsstruktur gelegt ist. In beiden Fällen entsteht eine Bündel-Trennsäule, die einen langen Kanal auf engstem Raum konzentriert. Vor der Trennsäule wird die Probenaufgabe-Schleife angebracht, bei welcher diejenigen

Substanzen in den Flüssigkeits-Strom eingebracht werden, die es mit dem HPLC-Analysensystem zu analysieren gilt. Die Analyse selbst wird nach Durchlauf der mit Proben beaufschlagten Flüssigkeit durch die Bündel-Trennsäule in der Detektor-Funktionseinheit vorgenommen, meist wird dies durch Lichtstrahlung bewirkt.

Hinsichtlich des Sandwich-Stapels der Seriell-Pumpenanordnung wird auf die Ansprüche 1 bis 11 verwiesen (Anspruch 38). Sie bilden den Druck-Flüssigkeitsstrom, der die Entlüftungs-/Sensor-Funktionseinheit verläßt und der hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung von dem Einlaßmodul (Anspruch 40) festgelegt wird. Das Einlaßmodul kann ein Niederdruck-Gradientenformer sein, der mehrere Flüssigkeiten — auch zeitabhängig — miteinander mischt, um sie dem Förderkopf und dann dem Speicherkopf zuzuführen.

Die Pumpenanordnung gemäß Anspruch 41 erlaubt bei höherem Druck als dem Außendruck die Abgabe genau festgelegter Dosiermengen von Flüssigkeit. Die genaue Dosierung ist dabei auch reproduzierbar.

Ausführungsbeispiele sollen das Verständnis der Erfindung(en) vertiefen.

Fig. 1 zeigt eine Seriell-Pumpenanordnung in Stapelbauweise, bei der die Funktionsträger 4, 5, 6, 7 in einem Stapelraum bzw. einem Stapel 3 zusammengefügt sind und dieser von den zwei Schenkeln 2a, 2b eines U-Profiles 2 in axialer Richtung gehalten wird.

Fig. 2 zeigt einen vergrößerten Schnitt der Seriell-Pumpenanordnung, die hier durch vier aneinander gestapelte Funktionseinheiten, wovon zwei Fördereinheiten sind, gebildet wird.

Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch einen Z-Antrieb für die Seriell-Pumpenanordnung gemäß den Fig. 1 und 2, der besonders raumsparend ist und eine hochgenaue und praktisch pulsationsfreie Eluens-Förderung erlaubt.

Fig. 4 und 4a zeigt einen Spannhaken 70, 71 zur Halterung der Führungshülsen 15, 16 an den Blockscheiben 4, 5, die in Stapelbauweise ("Sandwich") angeordnet sind; wobei die Fig. 4a eine Aufsicht auf die Stirnseite des Kolbens 16, 17 (Aufsicht auf die Förderkolben-Achsen 28, 29) und die Fig. 4 eine seitliche Schnitt-Darstellung von Z-Antrieb 51, Spannhaken 70, 71 und Seriell-Pumpenstapel 4, 5 zeigt.

Fig. 5 zeigt dieselbe Schnittdarstellung wie die Fig. 1 und 2, allerdings mit veränderter Ventil-Anordnung, jedoch bei gleicher sonstiger Gestalt wie in den erwähnten Figuren.

Fig. 5a, 5b und 5c zeigen Ventil-Konfigurationen, die in Patronen 80, 81, 82 eingebracht sind, die zwischen den Funktionsscheiben 4, 5, 6, 7 in der Anordnung gem. Fig. 5 für die Zentrierung und die Sperrung bzw. Freigabe des Förderstromes verantwortlich sind.

Fig. 6 zeigt einen Stapel von Funktionseinheiten, bei dem Einlaß-Verteiler 6, Seriell-Pumpenanordnung in Stapelbauweise 4, 5, Auslaß-Drucksensor und Flutungseinrichtung 7, Probenaufgabeventil 100, Trennsäule 200 in Mäander-Stromführung und Meßzelle 300 zu einem Gesamtstapel verbunden sind, der einen vollständigen, tragbaren Chromatographen in Kleinstbauweise darstellt.

Fig. 7 veranschaulicht mehrere der zuvor beschriebenen Bauelemente in einer Explosionsdarstellung einer (in Vertikalrichtung fördernden) Seriell-Pumpeneinheit. Mit A ist dabei eine der beschriebenen Ventilpatronen 81 stark vergrößert hervorgehoben. Einer der Schubkolben 17 ist eingebaut, der andere Schubkolben 18 ist mit dem L-Spannhaken 70, 71 noch im Einbau begriffen.

Der Z-Antrieb 50, 51, 60 der Fig. 3 unterstützt die

Vorteile der in Stapelbauweise 3 gefertigten Seriell-Pumpenanordnung 1; die Kopplung des Antriebes 50, 51, 60 mit der Verdrängereinheit 1, 3 erfolgt an den Schubkolben 17, 18; dabei ragt die Stapelachse 27 der Pumpenanordnung 1 aus der Papierebene, während die Parallelverschiebung des Z-Hebels 51 — der drei gegeneinander um jeweils 90° verlaufende Schenkel 51a, 51b, 51c aufweist — des Antriebes in der Papierebene verläuft. Die Parallelverschiebung des Z-Hebels erfolgt längs zweier Führungsstangen oder -schienen 52a, 52b. Auf ihnen laufen Lager 53a, 53b, 53c; das eine Lager 53b ist im äußeren Bereich (außen) des einen Schenkels 51b (kurvenscheibenseitiger Querschenkel) angeordnet und auf der einen 52b der beiden Führungsstangen 52a, 52b gelagert; die anderen beiden Lager 53a, 53c sind fluchtend im Mittelschenkel 51c angebracht und auf der anderen 52a der beiden Führungsstangen 52a, 52b gelagert. Der zum kurvenscheibenseitigen Querschenkel 51b parallele Schenkel 51c (pumpenseitiger Querschenkel) trägt kein Lager, er steht mit dem Schubkolben in Verbindung.

Die Verbindung ist dabei eine frei schwimmende Lagerung, die mit einer Steckfeder fixiert wird. Die ballige Oberfläche des Endes des Förderkolbens erlaubt eine leichte Verdrehung des Z-Hebels und des Förderkolbens. Damit werden Bruchgefahren reduziert, die wegen der Steifigkeit der Werkstoffe (Keramik, Saphir, Titan) bestehen. Gleichzeitig erleichtert sich das Anflanschen und Ausrichten des Antriebes 50, 51, 60 an der Verdrängereinheit 1, bzw. den Förderkolben 17, 18. Beide Pumpen 4, 5 der Seriell-Anordnung können mit dieser Steckfeder-Fixierung ausgerüstet werden, auch wird vorteilhaft je ein Z-Antriebskolben 51 für jede der beiden Pumpeneinheiten 4, 5 verwendet.

Zwischen den beiden Führungsstangen 52a, 52b — am Besten in der Mitte — greifen beidseits des kurvenscheibenseitigen Querschenkels 51b gegensinnige Kräfte an; zum Einen wird die Antriebskraft (Antriebsleistung) über eine Kurvenscheibe 50 und eine Walze oder Rolle 55 auf den kurvenscheibenseitigen Querschenkel 51b übertragen, dieser Kraft wirkt eine Federkraft einer Druck- oder Schubfeder 54 entgegen. So wird für alle Stellungen des parallelverschobenen Z-Kolbens 51 eine genaue Anlage der Kurvenscheibe 55 an dem Querschenkel 51b erreicht. Das Spiel — und damit einhergehende Pulsationen im Massenfluß — wird auf ein Minimum reduziert. Mit der äußeren Form der Kurvenscheibe 55 wird die Kompressibilität kompensiert und das Verhalten der beiden in Serie geschalteten Verdränger-Funktionseinheiten 4, 5 gesteuert, bzw. der Antrieb auf dieses Verhalten abgestimmt). Ein Elektromotor 60 treibt über ein — nicht dargestelltes — Getriebe die Kurvenscheibe 55 an. Mit seiner Drehzahlregelung können Förderdruck und Fördermenge bis zu kleinsten Dosen genau eingestellt und ebenso verändert werden.

Die als Umsetzer fungierende Rolle 55 kann auch aus zwei nebeneinander auf einer Welle angeordneten Rollen — als ein Rollenpaar — ausgeführt werden. In beiden Fällen ergibt sich ein Verdrehungsschutzlager.

Das Konzept, die Feder 54 aus der Kopplung des Querschenkels 51a mit dem/den Förderkolben 17, 18 herauszunehmen — wie es gemeinhin gängig ist — und zu dem anderen Querschenkel 51b zu verlagern, schafft Montagefreundlichkeit und unterstützt die kleine gedrungene Bauweise des Gesamtsystems.

Die beschriebene Lagerung des Z-Antriebskolbens 51 mit den drei Lagern 53a, 53b, 53c auf den beiden Führungsstangen 52a, 52b erreicht sicheren Kippenschutz;

die Parallelverschiebung des Z-Winkels 51 (Antriebshebel) ist hochgenau und gewährt wahre Präzision. Ein zusätzlicher Verdrehungsschutz ist entbehrlich.

Die raumsparende Gestaltung wird also primär von der Z-Form des Antriebshebels 51 begründet, wobei der Mittelschenkel 51c mehr oder weniger lang ausgebildet sein kann. Unterstützend wirkt die Bewegungsrichtung des parallelverschiebbaren Z-Hebels 51, dessen Bewegung quer zur Förderrichtung — der Richtung der Stapelachse 27 — der Eluens-Verdrängereinheit ist. Schließlich gewährt der kombinierte Kipp- und Verdrehungsschutz (mittels Umsetzer 55 bzw. mittels der Lager 53a, 53b, 53c auf den Führungsstangen 52a, 52b) die einfache Montage und Justage der kompakten Antriebseinheit.

Der Antrieb 50, 51, 55 kann in ein Gehäuse eingebaut sein, das auch die ortsfeste Anbringung der Führungsstangen 52a, 52b erleichtert. Außerhalb des Gehäuses kann der — wärmeabgebende — Elektromotor 60 angebracht sein, der in weiterem Ausbau auch ein Schrittmotor oder ein Synchronmotor sein kann. Aus einer Gehäusewand ragen dann die beiden Schenkel 51a heraus — jeder Schenkel für eine Verdrängereinheit (Pumpenkopf 5; Speicherkopf 4) — die gestapelte Seriell-Pumpenanordnung 1 braucht dann (nur) noch angeflanscht und mittels der Steckfedern mit dem Antrieb gekoppelt zu werden. Die Wartung wird entkrampft, es entsteht ein Modulsystem, wie es sich auch schon in der Stapelbauweise der Eluens-Fördereinheiten 4, 5, des Gradientenformers 6 sowie des Druckmeß- und Entlüftungsmoduls manifestiert.

Fig. 4 zeigt die Spannanordnung 70 für die Kolben-Führungshülsen 15, 16, in denen die Kolben 17, 18 der Seriell-Pumpeneinheit (für Speicherkopf 4 und Förderkopf 5) laufen. Diese Hülsen weisen innenliegende Spülung zur Vermeidung des Kristallisationseffektes auf. Ein Dichtungsring 7 ist auf das obere stirnseitige Ende der Führungshülse 15 aufgelegt, es ist ein ringförmiger Durchbruch in ihm vorgesehen, durch den der Förderkolben 17 hindurchgreift. Der Förderkolben 17 gleitet dann in der Führungshülse 15, deren nähere Ausgestaltung die Fig. 1 und 2 zeigen, und gelangt in den Verdrängerraum oder Speicherraum 25, 26, in dem Flüssigkeit gefördert oder gespeichert wird (Seriell-Pumpenprinzip). Der Funktionsstapel ist hier also in Aufsicht zu erkennen, wobei die Stapelachse 27 aus der Papierebene herausragend zu betrachten ist.

Oberhalb des Spannhakens 70, 71 ist schematisch der Z-Antrieb 51 dargestellt, der mit dem äußeren Ende des Förderkolbens 17 über ein Steckfeder-Prinzip verbunden ist. Dieses Steckfeder-Prinzip erlaubt es, das Ende des Förderkolbens 17 schnell und einfach bei gleichzeitiger Gewährung einer geringen Drehbewegung (Nutation) zwischen Antriebskolben 51 und Schubkolben 17, 18 anzubringen.

Fig. 4a zeigt die Darstellung der Fig. 4 in stirnseitiger Aufsicht, wobei hier die Förderkolben-Achsen 28, 29 (längs der Förderkolben 17, 18) aus der Papierebene herausragend zu betrachten ist.

Der Spannhaken 70, 71 weist einen langgestreckten Rumpf 70 auf, der an einem Ende in eine abragende Nase 71 übergeht. Der Übergangsbereich kann angeschrägt oder leicht versetzt sein. Die Nase 71 kann — wie aus Fig. 4a hervorgeht — eine Gabelform haben, wobei die beiden Gabelzinken 71a, 71b eine zweigeteilte Nasenanordnung ergeben ("Doppelnase"). Zwischen diesen Zinken 71a, 71b ist ein Durchgangsbereich 71c vorgesehen, in dem der Förderkolben 17 berührungsfrei

längsverschiebbar ist. Mit der Nase 71 (oder den Zinken 71a, 71b) ist über die Ringdichtung 7 die Führungshülse 15 an den Funktionsblock 4 (hier ist der Förderkopf dargestellt) anpreßbar. Zum Anpressen wird die Schraube 72b angezogen werden, die über ein Gewinde 72a am hinteren Ende des Rumpfes 70 in den Spannhaken 70, 71 eingreift. Das Anziehen bewirkt ein Parallelverschieben des Spannhakens 70, 71, wobei die Parallelverschiebung parallel zur Kolbenführungs-Achse 28 erfolgt.

Zur Lagerung des parallel verschiebbaren Spannhakens 70 sind zwei Lager 73a, 73b bzw. 74a, 74b vorgesehen. Sie sind sowohl in Längsrichtung als auch in Querrichtung des Spannhakens gegeneinander versetzt angeordnet. Das Lager 74a ist als querverlaufender Stift gestaltet, der im Übergangsbereich zwischen Rumpf 70 und Nase 71 in den Spannhaken eingeschoben ist. Die deshalb beidseitig herausstehenden Stiftenden ruhen auf Schultern, die eine Vertiefung 75 begrenzen, in welcher der Spannhaken versenkt ist. Das andere Lager ist ein Gleitlager, bei dem eine Fläche 73a aus dem Rumpf 70 des Spannhakens hervorsteht und auf einer Widerlager-Fläche 73b gleiten kann. Der Aufstandspunkt des flächigen Lagers 73a auf der Gleitfläche 73b und die Auflagebereiche der Stiftenden 74a auf den Schultern 74b der Aufnahme- und Führungsmulde 75 sind — quer zur Achse 28 des Förderkolbens 17 — gegeneinander versetzt. Kräfte hydraulischer Natur, die auf die Kolbenführungs-Buchse 15 wirken, können so nicht zu einem Verdrehen des L-förmigen Spannhakens 70, 71 führen, da beide versetzten Auflager diese Drehmomente auffangen. Beide Lager 73, 74 erlauben dabei gleichzeitig die Parallelverschiebung des Spannhakens mit einer Genauigkeit, die ein feinfühliges, dosiertes und gleichzeitig kraftvolles Andrücken der Führungshülse 15 über den Dichtring 7 an dem Verdrängerraum (Funktionsblock) 4 erlaubt.

Über der Halterung verläuft die Bewegung des Z-Antriebskolbens, dessen Hin- und Herbewegung ebenfalls eine Parallelverschiebung des Z-Winkels ist, wobei die Längsverschiebung des Spannhakens 70, 71 zum Spannen und die Längsverschiebung des Antriebskolbens 51 zum Antrieb parallel verlaufen. Parallelverlaufend ist demgemäß auch die Achse der Förderkolben 17, 18; alle vier parallelen Achsen hingegen verlaufen senkrecht zur Stapelachse 27 des Funktionsstapels 4, 5, 6, 7.

Fig. 5 zeigt eine teilweise geschnittene Darstellung, wie sie auch die Fig. 1 und 2 zeigen, unter schematischer Hervorhebung der Schubkolben 17, 18 und des Wesens der Sandwich-Seriell-Pumpenanordnung 6, 5, 4, 7 mit seinen in einem Stapel unmittelbar aneinandergrenzenden angeordneten Blockscheiben-Funktionsträgern. Quer zu dieser Stapelachse 27 verlaufen die Förderkolben-Zentralachsen 29, 28 und entsprechend auch die Verdrängerräume (Förderraum und Speicherraum) 25, 26. Die Funktionseinheiten 6, 5 und 5, 4 sowie 4, 7 sind jeweils durch Ventiltrone 80, 81, 82 miteinander verbunden, die vergrößert in den Fig. 5a, 5b und 5c dargestellt sind. Diese Ventiltronen sind in dem schematisch angedeuteten Fenster 83 ersichtlich, das ein Teil des tragenden Gehäuses 99 (Body) für den Sandwich-Stapel 4, 5, 6, 7 ist. Die Ventiltronen sind handliche Einheiten, die ein oder zwei Kugelventil(e) 80a, 80b, 81b aufweisen. Auch eine Blind-Patrone 82 kann vorgesehen sein, die nur einen Durchgangskanal 82a aufweist. Mit diesen verschiedenen Arten der Ventiltronen können die aneinandergrenzenden und gestapelten Funktionseinheiten einfach und zuverlässig zentriert werden. Es

werden — dem Durchmesser der Ventiltronen 80, 81, 82 entsprechende — Ausnehmungen in den jeweils aneinandergrenzenden Funktionseinheiten belassen, in eine dieser Funktionseinheiten wird dann die jeweils geeignete und gewählte Ventiltrone eingesetzt, das von ihr noch herausragende Stück dient dann zum Aufsetzen der angrenzenden Blockscheiben-Funktionseinheit.

Die Ventiltrone 80 enthält eine Doppelkugel-Ventilkombination, die zwei Rubin-Ventilkugeln 80b, 80c aufweist. Die Ventilkugeln haben jeweils gegenüberliegenden Ventilsitz und Ventilstopp und erlauben es, daß die Verbindungswege zwischen den Funktionseinheiten trotz der erwähnten Ventilfunktion auf ein Minimum gesenkt werden. Das Totvolumen, das maßgeblich für die Massestrom-Pulsation verantwortlich zeigt, kann so auf ein Minimum reduziert werden. Deutlich zutage liegt an der Ventiltrone 80 in Fig. 5a die nahezu durchgehende Kanalverbindung 80a, die an den Stellen, wo die Ventilkugeln 80b, 80c angeordnet sind, sich verbreitert und beidseitig dieser Ventilkugel eine Verengung zeigt derart, daß sie gerade die Ventilkugel nicht passieren läßt. Die Ventilsitze können leicht angephast werden, entsprechend dem Radius der Ventilkugeln 80b, 80c.

Eine der Fig. 5a im wesentlichen entsprechende Gestaltung zeigt die Fig. 5b. Diese Ventiltrone 81 hat nur eine einzige Ventilkugel 81b in einem wiederum nahezu durchgehenden Kanal 81a, der nur am Ort der Ventilkugel 81b einen vergrößerten Durchmesser hat.

Keine Veränderung des Durchmessers zeigt dagegen die Blind-Ventiltrone 82 mit ihrem durchgehenden gleichförmigen Kanal 82a in Fig. 5c. Diese Ventiltrone findet einen geeigneten Einsatz beim Übergang von der Speicher-Funktionseinheit 4 zur Entlüftungs-/Sensor-Funktionseinheit 7. Dort werden keine Ventile benötigt, gleichwohl wird ein Paßsitz und eine Zentrierung der beiden Funktionseinheiten 4, 7 erwünscht.

Schematisch ist in Fig. 6 ein HPLC-Analysensystem gezeigt, daß vollständig in Stapelbauweise ausgeführt ist. Die bereits erläuterten Funktionseinheiten 4 bis 7 sind nur schematisch dargestellt, wobei der Eingangsmischer beispielsweise der strichliniert dargestellte Niederdruck-Gradientenformer 6a sein kann. An den Gradientenformer schließt sich die erste Ventiltrone 80 an, die in den Förderkopf 5 überleitet, welcher mit dem Förderkolben 17 arbeitet (dessen Zentralachse 28 dargestellt ist). Es schließt sich in Strömungsrichtung eine weitere Ventiltrone 81, die den Förderkopf 5 mit dem Speicherkopf 4 verbindet. In dem Speicherkopf arbeitet der Schubkolben 18 (dessen Zentralachse 29 ist dargestellt). Über die Blind-Ventiltrone 82 gelangt die Hochdruck-Flüssigkeit dann zu der Entlüftungs-/Sensor-Einheit 7, der Druckmeß-Funktion 10 und Entlüftungsfunktion 12 zugewiesen sind. Unmittelbar nach Verlassen dieser Funktionseinheit 7 — des druckbereitstellenden Pumpenstapels — gelangt die Förderflüssigkeit in die Probenaufgabe-Funktionseinheit 100, in welcher eine Kanal-Schleife 101 vorgesehen ist, die ein oder mehrere Proben-Schleifen, ggf. auch ein Mehrwegeventil, haben kann, um die zu prüfenden Substanzen hier in den Flüssigkeitsstrom einzubringen. Es folgt die Trennsäule 200, die unmittelbar angrenzt. Sie weist ein Bündel von Säulenabschnitten auf, die auf engstem Raum miteinander verbunden sind und so die nötige Länge der Trennsäule bereithalten bei gleichzeitiger Platzersparnis. Als Bündelanordnung empfiehlt sich eine Mäander-Struktur oder eine wickelförmige Ausgestaltung des Trennsäulen-Kanals 201. Nach Verlassen der Trennsäu-



le strömt die Flüssigkeit über in die letzte Funktionseinheit 300, die eine Detektorfunktion hat. Der Kanal verläuft hier zunächst in Längsrichtung des Stapels, dann in Querrichtung und dann wiederum zum Auslaß hin in Längsrichtung. Entlang der Querrichtung wird Licht, das von einer Lichtquelle 302 ausgeht, durch den quer-verlaufenden Kanalabschnitt 303 geführt. Ein Detektor 301 erfaßt die Charakteristika der durchströmenden und aufgrund der Trennsäule 201 zeitverschoben ankommenden Einzel-Substanzen des in die Probenaufgabe-Funktionseinheit 100 eingebrachten Substanzgemisches.

So ergibt sich eine Analysenanordnung, die alle benötigten Funktionseinheiten für eine HPLC-Analyse aufweist. Der kleine Raumbedarf, der die Mobilität und die Portabilität bei kleinem Gewicht gewährleistet, wird maßgeblich durch die Stapelbauweise, d. h. die fluchtende Anordnung aller unmittelbar aneinandergrenzender Funktionsträger begründet. Es entstehen damit keine störenden und hinsichtlich des Totvolumens problematischen Zwischen- oder Verbindungsleitung und ein Verspannen oder Haltern aller Funktionseinheiten wird vereinfacht.

Fig. 7 zeigt einen Orientierungsrahmen der Seriell-Hochdruckpumpe in Stapelbauweise, in dem eine Explosionsdarstellung die wesentlichen Elemente und ihren Zusammenbau veranschaulicht.

Maßgebend sind die vier Funktionseinheiten 6, 5, 4 und 7, die in einer Bohrung des Bodys 99 untergebracht sind. In links und rechts liegenden Einschubnuten sind die Halterungen für den Stapel vorgesehen, oben eine Abdeckplatte 98 und unten über die Einschubflansche 6a des Niederdruck-Gradientenmoduls 6. Die Förder-Funktionseinheit (Förder-Blockscheibe 5) und die Speicher-Funktionseinheit (Speicher-Blockscheibe 4) sind hinsichtlich des Strömungsweges und zu Zentrierzwecken mit der Ventilpatrone 81 verbunden. Sie ist in eine entsprechende Sacklochbohrung beidseits eingebracht, die beidseits in einen engeren Kanal mündet, der in den Verdrängerraum 25 bzw. den Speicherraum 26 mündet.

An den Funktionsscheiben 4, 5 sind die Ventil-Führungsbüchsen 15, 16 anzubringen. Dies wird mittels des Spannhakens 70, 71 ausgeführt, der über herausstehende Zapfen 74a auf den Schultern 74b längsverschieblich — in Richtung der Schubkolben-Achse — ist. Die Schubkolben 18, 19 sind einmal in eingebautem Zustand zu sehen (hinsichtlich einer eingebauten Förder-Funktionseinheit 5" und einmal in ausgebauter Darstellung, wenn der Förderkolben 18 aus der Führungshülse 16 herausgenommen ist, jedoch bereits von den beiden Gabeln 71a, 71b umfaßt ist, wobei er in dem Durchbruch oder Zwischenraum 71c zwischen diesen gabelförmigen Zinken berührungslos verläuft.

Über der Spannhaken-Anordnung 70, 71 ist der Z-Antrieb 51 dargestellt, der hinsichtlich des Förderkopfes 5" in eingebautem Zustand dargestellt ist und hinsichtlich des Speicherkopfes 4 in weiter herausliegendem Zustand dargestellt ist, allerdings unter deutlicher Herausstellung der Steckfeder 76, die zum leicht beweglichen Fixieren des Kolben-Oberendes an dem Schenkel 51b des Z-Antriebs 51 vorgesehen ist.

Letztlich ist die obenliegende Auslaß-Funktionseinheit 7 dargestellt, mit einer Druckmeßzelle 10 und der Entlüftungs- oder Flutungseinrichtung 12, mit welcher die Seriell-Pumpeneinheit geflutet ("geprimed") wird.

Ersichtlich an der Explosionsdarstellung ist, daß die Förderrichtung in Vertikalrichtung verläuft, während alle anderen Bewegungsrichtungen senkrecht zu dieser

Förderrichtung verlaufen, so die Schubkolben-Achsen, das Parallelversetzen des Z-Antriebs 51 und die Spannbewegung des L-Spannhakens 70, 71.

Bleibt noch zu erwähnen, daß bei eben dem benannten Spannhaken die gerade Auflagefläche 73a, die aus dem Rumpf 70 hervorsticht, das zweite der beiden Lager 74a, 74b bzw. 73a, 73b bildet. Es kommt an dem hier nicht einsichtigen hinter den Funktionseinheiten 4, 5 befindlichen Wandabschnitt zur Anlage.

Erkennbar ist die ungeheuer einfache Zusammenbaumöglichkeit der gesamten Seriell-Pumpenanordnung. Das hat sowohl für den Stapel der Funktionsscheiben (Blockscheiben) Geltung als auch für den quer dazu verlaufenden Antriebs- und Spannmekanismus. Dies erleichtert sowohl die Ersatzteilvernahme als auch das Zusammenfügen und Reinigen der gesamten Anordnung. Mithin ist die so getroffene Gestalt der Seriell-Pumpenanordnung nicht nur klein, sondern dabei auch handlich und einfach zu montieren, was regelmäßig bei besonders kleinen Baugruppen oder Systemen ein gewichtiges Erschwernis bildet.

Die Hochdruck-Pumpenanordnung gem. der Fig. 1 erlaubt es, die für die HPLC-Technik benötigten hohen Drücke (einige 100 bar) zu erreichen und gleichzeitig konstanten und kontinuierlichen Massefluß zu gewährleisten. Hohe Drücke werden aber nicht allein in der HPLC-Technik benötigt, sondern auch bei einer Vielzahl anderer Gegebenheiten, wo es auf genauen und konstanten Massefluß ankommt. Ein genauer und konstanter Massefluß wiederum erlaubt es, genaue Mengen zu dosieren, die reproduzierbar und in feinsten Abstufungen abgegeben werden können. Für solche dosierten Abgaben sind nicht zwingend besonders hohe Drücke erforderlich, es genügen hier hohe Drücke, die höher als der Umgebungsdruck liegen. Ist der Umgebungsdruck hoch, so muß die Dosiermenge unter entsprechend höherem Druck als der Umgebungsdruck abgegeben werden. Ist der Umgebungsdruck der atmosphärische Umgebungsdruck, so reicht ein Förderdruck aus, der höher als der Atmosphärendruck liegt. In jedem Fall wird dann eine wiederholbare, feinabstufbare Dosiermenge abgegeben, die zu Analysezwecken eingesetzt werden kann.

Die Hochdruck-Förderpumpe gemäß der Fig. 1 und 2 kann also ebenso verwendet werden zur dosierten und feinabstufbaren Abgabe von Volumina, die an einen Außendruck abgegeben werden, der unterhalb des "Hochdruckes" der Seriell-Pumpenanordnung liegt.

#### Patentansprüche

1. Hochdruckpumpen-Anordnung (1) in Klein(st)bauweise für konstanten und kontinuierlichen Massenfluß

a) mit zwei — bezüglich des Massenflusses — in Reihe liegenden Pumpeinheiten und jeweils linear bewegbaren Schubkolben (17, 18) und mit saug- und druckseitig angeordneten Rückschlagventilen (40, 41, 43), bei welcher

b) mehrere blockscheibenartige Bauelemente (4, 5, 6, 7) mit ihren Steuerflächen aneinanderliegend zu einem Stapel (3) zusammengesetzt sind, von denen zwei Bauelemente (4, 5) jeweils eine quer zur Stapelachse (27) orientierte Verdrängerkammer (25, 26) zur jeweiligen Aufnahme des Schubkolbens (17, 18), und parallel zur Stapelachse (27) verlaufende Zu- und Abströmbohrungen (38, 42, 44) aufweisen.

2. Hochdruckpumpen-Anordnung nach Anspruch



- 1, bei der jeder der beiden Pumpeinheiten (4, 18, 25; 5, 17, 26) eines der beiden (benötigten) Rückschlagventile (40, 41, 43) zugeordnet ist.
3. Hochdruckpumpen-Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Rückschlagventile (40, 41, 43) jeweils direkt in den blockscheibenartigen Bauelementen (4, 5, 6, 7) sitzen, insbesondere mit an die Verdrängerkammer (25, 26) direkt (an) integrierter Ventilkugelpföhrung.
4. Hochdruckpumpen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der im Stapel (3) die beiden blockscheibenartigen Bauelemente (5, 4), welche die Verdrängerkammern (25, 26) aufweisen, sandwichartig zwischen zwei weitere blockscheibenartige Bauelemente (6, 7) eingeschlossen sind, denen Einlaß und Auslaß (13, 14; 11, 12) zugeordnet sind, wobei insbesondere
- a) die Einlaßseite (6, 13, 14, 8a) Ventulfunktion — wie mit Umschalt- und Sperrventil oder mehreren Schieberventilen für saugseitige Gradientenformung — aufweist;
  - b) die Auslaßseite (7, 10, 11, 12) Druckmeß- (10) und Entlüftungsfunktion (12) aufweist.
5. Hochdruckpumpen-Anordnung nach Anspruch 4, bei der das einlaßseitige blockscheibenartige Bauelement (6) eine zur Stapelachse (27) parallele Einlaßbohrung (38) aufweist, die in den Leitkanal (8a) eines dem einen Stapelende zugeordneten Rotorventiles (8, 9) mündet, welches in Abhängigkeit von seiner Schaltstellung die Einlaßbohrung (38) mit jeweils einer oder keiner — in dem gleichen blockscheibenartigen Bauelement (6) in Umfangsrichtung verteilten — voneinander unabhängigen winkelförmigen Versorgungsbohrungen (39) im Stator verbindet.
6. Hochdruckpumpen-Anordnung nach Anspruch 4, bei der das einlaßseitige blockscheibenartige Bauelement (6) ein Niederdruck-Gradientenmodul ist.
7. Hochdruckpumpen-Anordnung nach Anspruch 4, 5 oder 6, bei der
- a) das auslaßseitige blockscheibenartige Bauelement (7) eine zur Stapelachse (27) parallele Auslaßbohrung (24) aufweist, die stirnseitig in eine Druckkammer (45) vor einem stirnseitig an dem Stapel anschließenden Druckaufnehmer (10) mündet;
  - b) wobei die Auslaßbohrung (24) eine seitliche Verzweigung besitzt, die mit dem Spindel-element eines Entlüftungsventils gepaart ist und
  - c) der (druckseitige) Förderstrom über eine gegenüberliegende Winkelbohrung (46) geführt wird.
8. Hochdruckpumpen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der alle zu der Stapelachse (27) parallelen Bohrungen (38, 42, 43a, 44, 24) in allen blockscheibenartigen Bauelementen (4, 5, 6, 7) in gegenseitiger Fluchtung angeordnet sind.
9. Hochdruckpumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der alle jeweils beteiligten Bauelemente (4—7) im Stapel (3) zwischen Schenkeln (2a; 2b) eines Jochs (2) oder in einer Aufnahmebohrung eines Gehäuseblocks angeordnet sind und flüssigkeitsdicht, insbesondere mittels Flanschdichtungen, über eine Druckschraube zueinander verspannt sind.
10. Hochdruckpumpen-Anordnung nach einem der Vorhergehenden Ansprüche, bei der die die Ver-

- drängerkammern (25, 26) aufweisenden blockscheibenartigen Bauelemente (4, 5) jeweils eine umfangliche Abflachung aufweisen, an die eine Schubkolben-Föhrung (15, 16) ansetzbar ist.
11. Hochdruckpumpen-Anordnung nach Anspruch 10, bei der die Schubkolben-Föhrung (15, 16) in einer Hölse (30) aus Edelstahl oder Titan oder dgl. zwei im axialen Abstand angeordnete, aus keramischem Werkstoff bestehende Kolben-Föhrungsringe (31, 32) aufweist, die eine Spülkammer (36, 37) begrenzen und jeweils außen abgedichtet (33, 35) sind.
12. Herstellungsverfahren für eine serielle Hochdruckpumpen Anordnung aus chemisch inertem Werkstoff — insbesondere Saphir —, bei dem
- a) in einen Stapelraum (3) eine Mehrzahl von Funktionseinheiten (4, 5, 6, 7) angeordnet werden;
  - b) die Funktionseinheiten — welchen unterschiedliche Aufgaben, wie Umschalten des Zuflusses, Gradientenformung im Saugstrom, Umlenken des Förderstromes und Förderdruckmessung des Abflusses, Hauptverdrängen, Speichern, zukommen — unmittelbar abdichtend (formschlüssig) im Stapelraum (3) zusammengefügt werden;
  - c) mit einer Spannvorrichtung (2) der im Stapelraum (3) radial unverrückbar fixierte Stapel von Funktionseinheiten (4, 5, 6, 7) axial verspannt wird.
13. Herstellung nach Anspruch 12, wobei die Funktionseinheiten (4, 5, 6, 7) im wesentlichen zylindrisch gestaltet werden.
14. Herstellung nach Anspruch 12 oder 13, bei dem das Auslaßventil (42, 43, 43a) einer Förder-Funktionseinheit (Hauptkopf, 5) in die benachbarte Förder-Funktionseinheit (Speicherkopf, 4) integriert/verlagert wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem der Kugelpföhrung und eine Mehrkanal-Kugelföhrung direkt in der Förder-Funktionseinheit eingearbeitet und mindestens ein Kugelpföhrung (z. B. aus Rubin) samt zugehörigem Sitz (z. B. aus Saphir) darin eingesetzt werden.
16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Ventilsitz mittels einer Flanschdichtung fixiert und peripher abgedichtet wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem mit dem Flansch der Flanschdichtung der Stapel (3) von Funktionseinheiten radial fluchtend zueinander ausgerichtet wird.
18. Verwendung eines Funktionsblocks für eine nach dem Seriell-Förderprinzip ausgelegte Hochdruckpumpen-Anordnung — insbesondere gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 —, welcher nur eine Pumpenkammer (25, 26) und ein — im wesentlichen quer zu ihrer Längsachse — orientiertes Ventil (41, 43) unmittelbar im Einlaßkanal zur Verdrängungskammer (25, 26) angeordnet ist.
19. Hochdruckpumpen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der
- a) das äußere Ende des/der Schubkolben (17, 18) ballig geformt ist und der/die Schubkolben mittels einer — quer zur Schubkolbenachse einschiebbare und lösbare — Steckfeder an einem Antriebsschenkel (51a) eines Z-Antriebskolbens (51) über das ballig geformte Ende fixiert ist;

- b) wobei die Fixierung eine geringe Drehbewegung (Nutation) von Antriebskolben (51) und Schubkolben (17, 18) gegeneinander erlaubt.
20. Raumsparender Antrieb für eine Hochdruckpumpen-Anordnung — insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 11 und 19 — bei der
- a) eine drehbare Kurvenscheibe (50) mit einem ersten Schenkel (51b) — mittelbar (55) oder unmittelbar — in mechanischer Berührung steht;
  - b) der erste Schenkel (51b) mittels jeweils mindestens eines Lagers (52a, 52b) an zwei ortsfesten Führungsstangen (52a, 52b) verschiebbar gelagert ist;
  - c) der erste Schenkel (51b) mit einem zweiten Schenkel (51a) mechanisch starr in Verbindung steht, der im wesentlichen parallel zum ersten Schenkel (51b) ausgerichtet ist, und der mechanisch mit dem äußeren Ende, insbesondere mit dem äußeren balligen Ende — eines der Förderkolben (17, 18) in Berührung steht.
21. Antrieb für Hochdruckpumpen-Anordnung nach Anspruch 20, bei dem
- a) der erste Schenkel (51a) und der zweite Schenkel (51b) über einen Zwischenschenkel (51c) mechanisch starr miteinander verbunden sind;
  - b) der Zwischenschenkel (51c) im wesentlichen senkrecht zum ersten und zum zweiten Schenkel (51a, 51b) — unter Bildung eines Z-Antriebskolbens (51) — angeordnet ist.
22. Antrieb nach Anspruch 20 oder 21, bei dem
- (a) die Kurvenscheibe (50) — mittelbar — über eine drehbare Rolle oder Walze (55) mit dem ersten Schenkel (51b) in Kontakt steht;
  - b) eine Druck- oder Zugfeder (54) den ersten Schenkel (51b) so kraftbeaufschlagt, daß — trotz der von der Drehung der Kurvenscheibe (50) veranlaßten Hin- und Herbewegung (Verschiebung) des ersten Schenkels (51b) bzw. des Z-Antriebskolbens (51) — der mechanische Kontakt zwischen Rolle/Walze (55) und Kurvenscheibe (50) jederzeit gewahrt bleibt.
23. Antrieb nach Anspruch 22, bei dem Feder (54) und Kurvenscheibe (50) an entgegengesetzten Seiten des ersten Schenkels (51b) angreifen.
24. Antrieb nach Anspruch 20 bis 23, bei dem die Kurvenscheibe (50) über ein Getriebe mit einem steuerbaren oder regelbaren Elektromotor gekoppelt ist, insbesondere einem digital geregelten Gleichstrommotor (60).
25. Antrieb nach Anspruch 20 bis 24, bei dem die beiden ortsfesten Führungsstangen (52a, 52b) — in Längsrichtung des ersten Schenkels (51b) — beidseitig der Kontaktstelle zwischen Kurvenscheibe (50) und erstem Schenkel (51b) bzw. Walze/Rolle (55) angeordnet sind und die Parallelverschiebung des ersten Schenkels (51b) bzw. des Antriebskolbens (51) erlauben.
26. Antrieb nach Anspruch 21 bis 25, bei dem eine der Führungsstangen (52a, 52b) durch den Zwischenschenkel (51c) verläuft.
27. Antrieb nach einem der Ansprüche 21 bis 26, bei dem drei Lager (53a, 53b, 53c) — insbesondere Gleitlager — an dem Antriebskolben (51; 51a, 51b, 51c) vorgesehen sind, der mit ihnen an beiden Führungsstangen (52a, 52b) kipp- und verdrehungsfrei

- parallelverschiebbar ist.
28. Antrieb nach Anspruch 26 und 27, bei dem zwei Lager (53a, 53c) an derjenigen Führungsstange (53a) angreifen, bzw. auf ihr verschiebbar sind, die durch den Zwischenschenkel (51c) verläuft.
29. Pumpenanordnung nach Anspruch 1, bei der
- a) zwischen jeweils zwei blockscheibenartigen Bauelementen (4, 5, 6, 7) eine — insbesondere austauschbare — Ventilpatrone (80, 81, 82) eingesetzt wird/ist, die Träger eines oder zweier Rückschlagventile (40, 41, 43) ist;
  - b) ein Teil — insbesondere die Hälfte — der Ventilpatrone (80, 81, 82) in jeden der zwei aneinandergrenzenden Blockscheiben-Bauelemente (4, 5; 5, 6; 6, 7) so eingepaßt ist, daß sich die Förder-Verbindung und die Zentrierung beider aneinandergrenzenden Funktionsscheiben über die Patrone (80, 81, 82) ergibt.
30. Halterungseinrichtung für Kolben-Führungshülsen — insbesondere bei Seriell-Pumpenanordnungen in Sandwich-Stapelbauweise ihrer Funktionsscheiben (blockscheibenartigen Bauelemente) nach einem der vorhergehenden Ansprüche oder in Verbindung mit einem raumsparenden Z-Antrieb gemäß einem der Ansprüche 20 bis 28 —,
- a) mit einem langgestreckten Rumpf (70), an dessen einem Ende eine Spanneinrichtung (72b) eingreift (72a);
  - b) mit einer — quer zur Längsachse des langgestreckten Rumpfes abstehenden — Nase (71; 71a, 71b), die vom anderen Ende des Rumpfes (70) ausgeht;
  - c) zwei Anlager (73a, 74a), die am Rumpf (70) vorgesehen sind und die gegeneinander versetzt sind.
31. Halterungseinrichtung nach Anspruch 30, bei der die vom Rumpf quer abstehende Nase (71) eine Doppelnase ist, welche zwei beabstandete Nasenelemente (71a, 71b) und einen zwischenlegenden Durchgang (71c) aufweist, durch den sich der Kolben (16, 17) der Speicher- oder Fördereinheit (4, 5) berührungsfrei erstreckt.
32. Halterungseinrichtung nach Anspruch 31, bei der die Nase bzw. Nasenelemente (71; 71a, 71b) und der Rumpf (70) einen L-Spannhaken bilden.
33. Halterungseinrichtung nach einem der Ansprüche 30 ff., bei der die eingreifende Spanneinrichtung eine am Body der Seriell-Pumpenanordnung fixierte — in ein Schraubgewinde (72a) am Ende des Rumpfes (70) eingreifende — Schraube (72b) ist.
34. Halterungseinrichtung nach einem der Ansprüche 30 ff., bei der die beiden Anlager (73a, 74a) hinsichtlich der Längsachse und quer zur Längsachse des Rumpfes (70) gegeneinander versetzt sind.
35. Halterungseinrichtung nach einem der Ansprüche 30 ff., bei der die beiden Anlager (73a, 74a) gegensinnig wirkende Widerlager (73a, 73b; 74a, 74b) sind.
36. Halterungseinrichtung nach einem der Ansprüche 30 ff., bei der
- a) eines der Anlager (74b, 74a) als Querstift (74a) im Übergangsbereich zwischen Rumpf (70) und Nase (71) ausgebildet ist, wobei die seitlich aus dem Rumpf hervorragenden Querstift-Enden auf Tragschultern lagern, die eine Führungsmulde (75) für den Rumpf (70) seitlich — begrenzen; und/oder
  - b) eines (ein anderes) der Auflager (73a, 73b)

als Aufstandsfläche (73b) ausgebildet ist, die aus dem Rumpf (70) in Richtung zur Förderkolben-Achse (28, 29) hervor steht.

37. Tragbares Analysensystem mit einem Seriell-Pumpenstapel (4, 5, 6, 7) und einem daran unmittelbar angrenzenden Auswertestapel (100, 200, 300), bei dem

a) der Pumpenstapel (4, 5, 6, 7) mehrere in Stapelbauweise fluchtend ausgerichtete Blockscheiben-Funktionsträger (4, 5, 6, 7) aufweist, die unmittelbar aneinandergrenzen, wobei auf eine Förder-Funktionseinheit (5) eine Speicher-Funktionseinheit (4) folgt, der eine Entlüftungs-/ Sensor-Funktionseinheit (7) nachfolgt;

b) auf die Entlüftungs-/Sensor-Funktionseinheit (7) eine Probenaufgabe-Funktionseinheit (100) folgt;

c) sich an die Probenaufgabe-Funktionseinheit (100) eine Bündelkanal-Trennsäule (200) anschließt, insbesondere mit Mäander- oder Wicklungsform der Trennsäule (101);

d) eine Detektor-Funktionseinheit (300) der Probenaufgabe-Funktionseinheit (200) folgt.

38. Tragbares Analysensystem, bei dem die Förder-Funktionseinheit (5), die Speicher-Funktionseinheit (4), die Sensor-/Entlüftungs-Funktionseinheit (7) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgestaltet sind.

39. Tragbares Analysensystem nach einem der Ansprüche 37 oder 38, bei dem die Probenaufgabe-Funktionseinheit (100), die Bündelkanal-Trennsäulen-Funktionseinheit (200) und die Detektor-Funktionseinheit (300) ohne jeweilige Zwischen-Leitungsverbindung aneinandergrenzend zu einem Auswertestapel (100, 200, 300) zusammengehalten sind.

40. Tragbares Analysensystem nach einem der Ansprüche 37 bis 39, bei dem im Pumpenstapel (4, 5, 6, 7) eine Niederdruck-Gradientenformer-Funktionseinheit (6) der Förder-Funktionseinheit (5) vorgeschaltet ist.

41. Druckpumpen-Anordnung (1) in Klein(st)bauweise für konstanten und kontinuierlichen Massenfluß

a) mit zwei — bezüglich des Massenflusses in Reihe liegenden Pumpeinheiten und jeweils linear bewegbaren Schubkolben (17, 18) und mit saug- und druckseitig angeordneten Rückschlagventilen (40, 41, 43), bei welcher

b) mehrere blockscheibenartige Bauelemente (4, 5, 6, 7) mit ihren Steuerflächen aneinanderliegend zu einem Stapel (3) zusammengesetzt sind, von denen zwei Bauelemente (4, 5) jeweils eine quer zur Stapelachse (27) orientierte Verdrängerkammer (25, 26) zur jeweiligen Aufnahme des Schubkolbens (17, 18), und parallel zur Stapelachse (27) verlaufende Zu- und Abströmbohrungen (38, 42, 44) aufweisen.

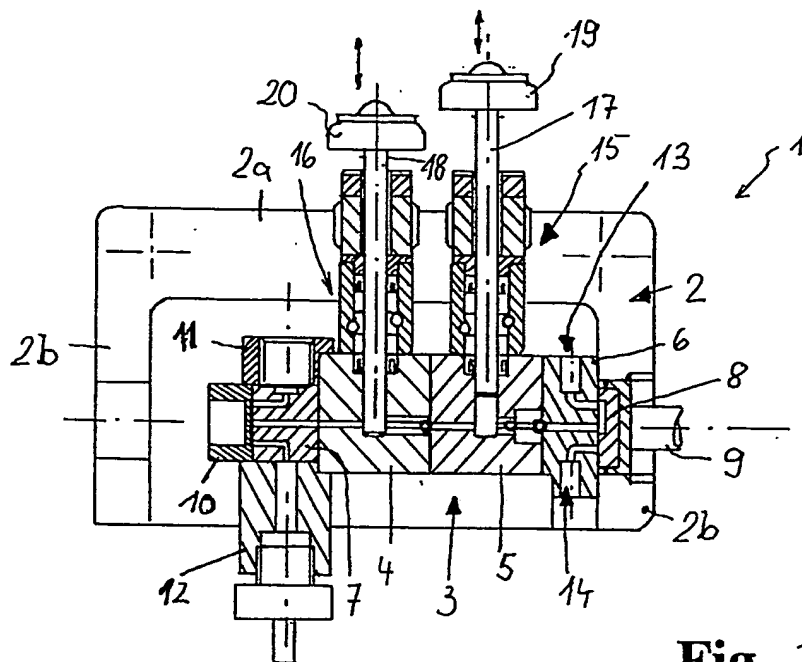
Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

60

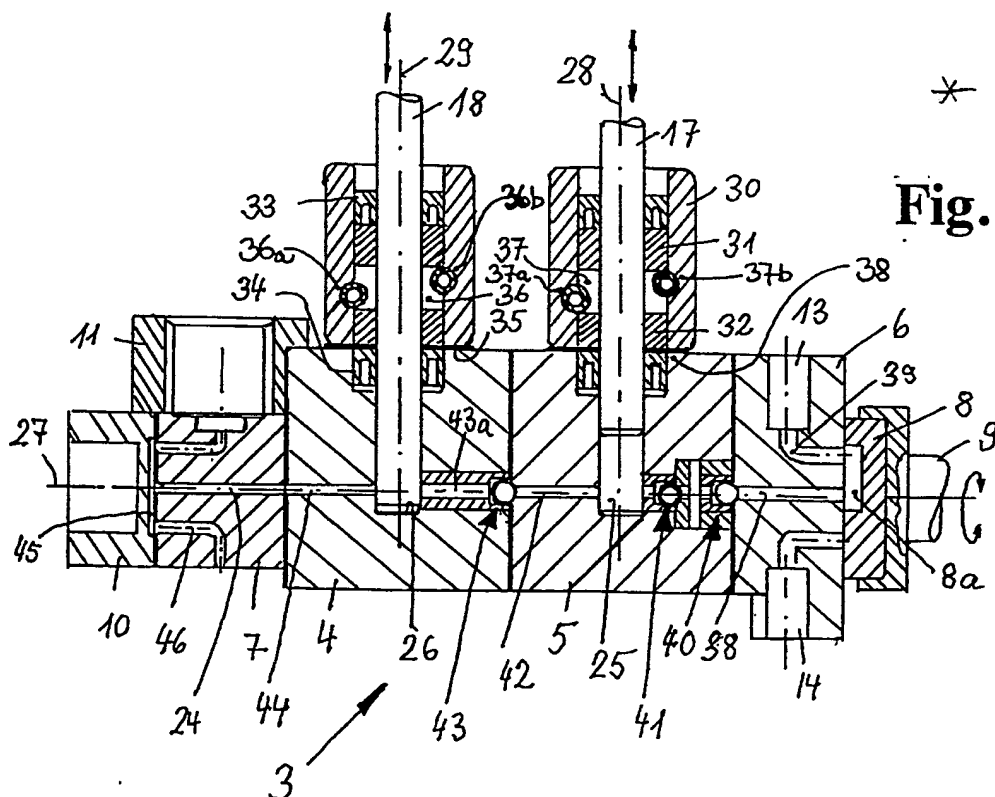
65

---

- Leerseite -

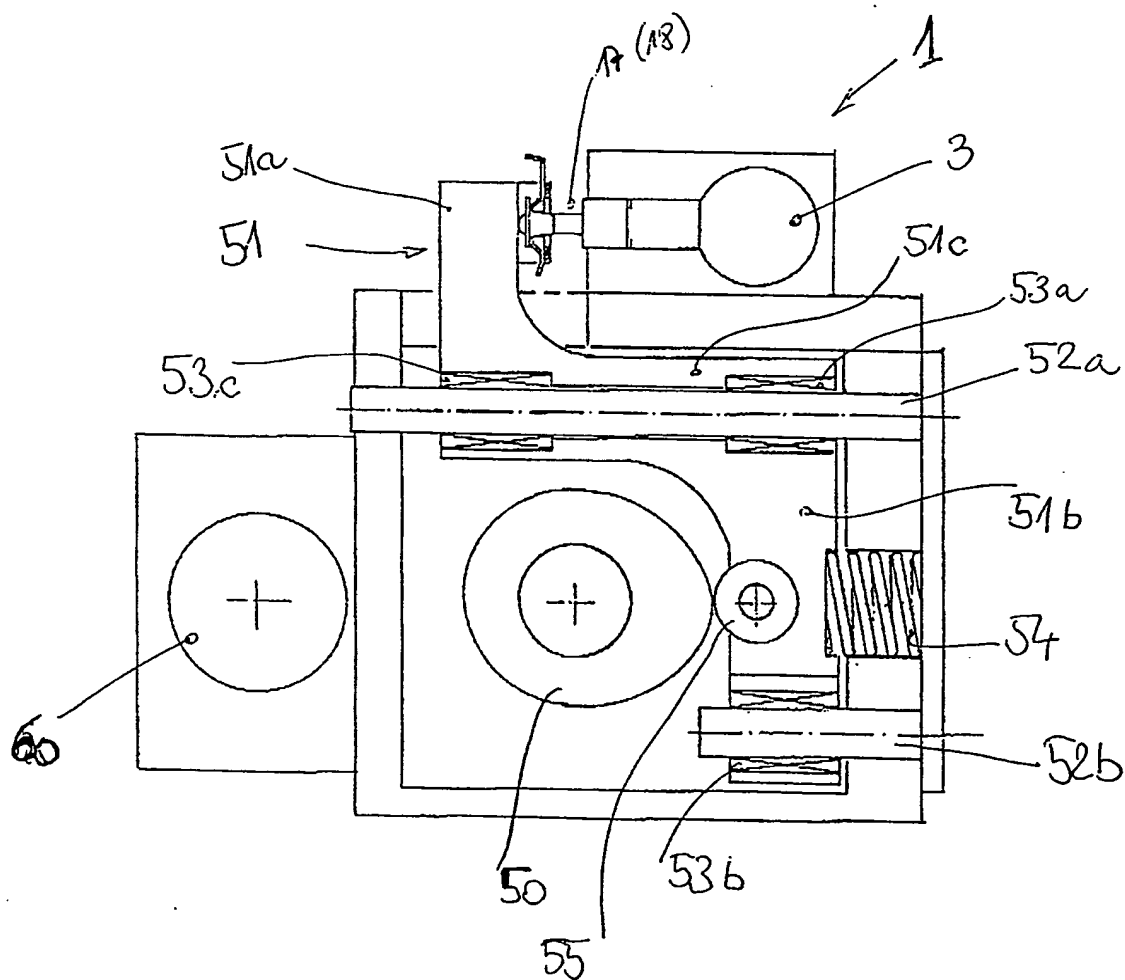


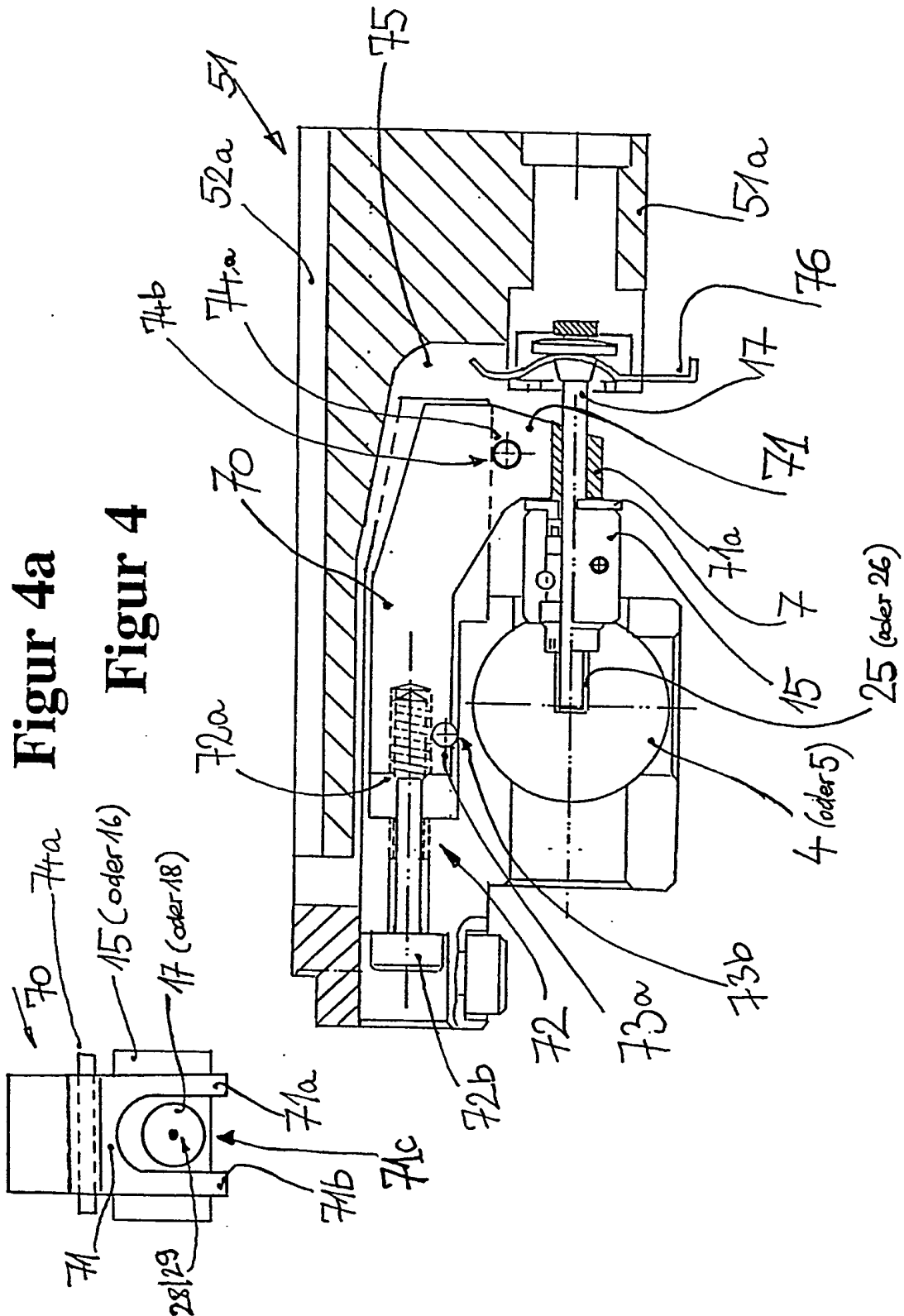
**Fig. 1**



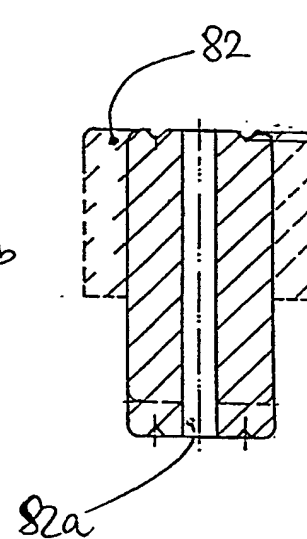
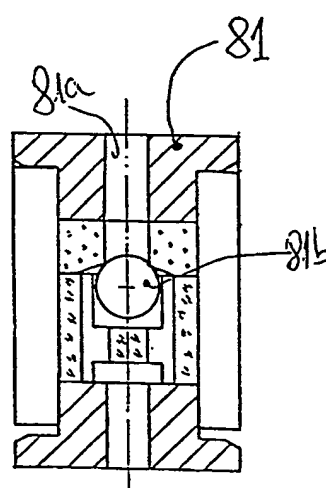
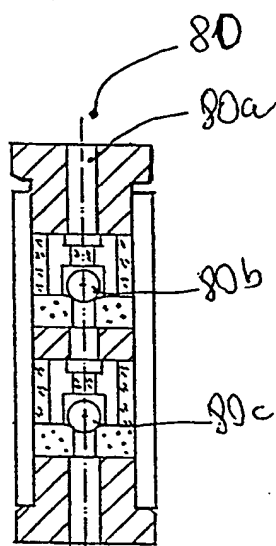
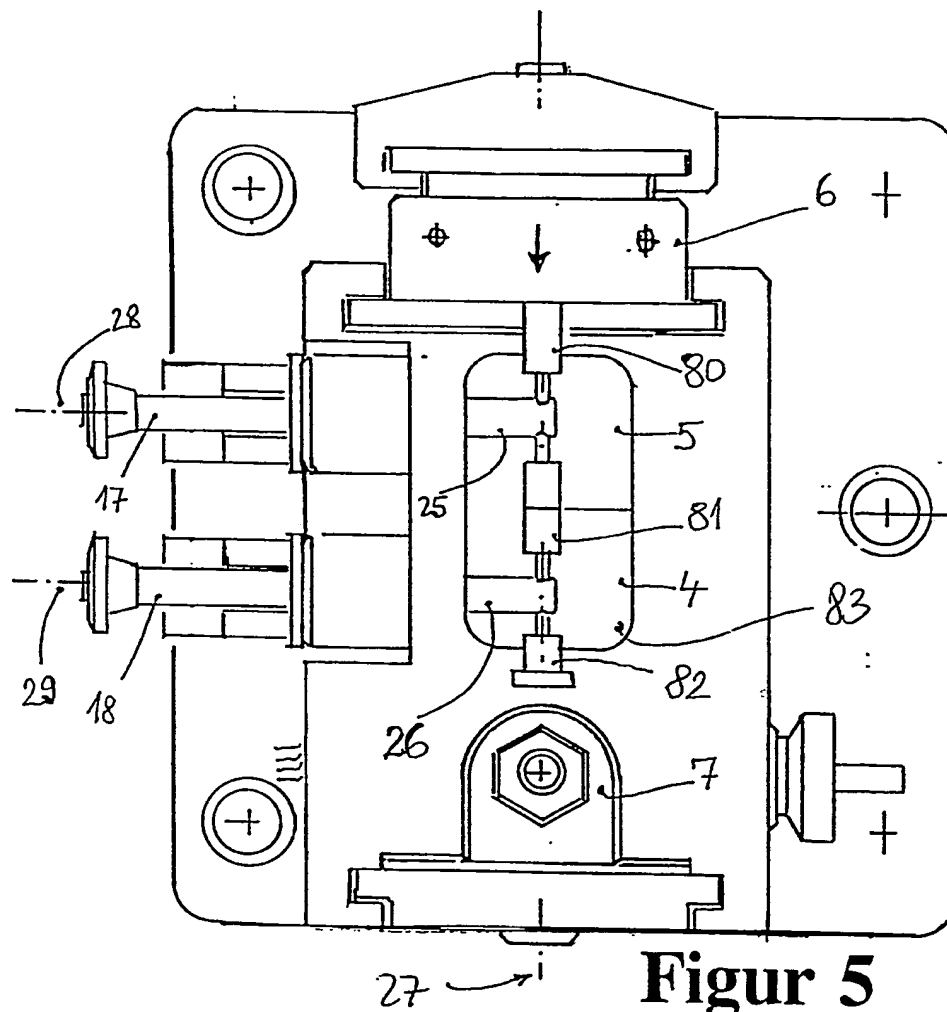
**Fig. 2**

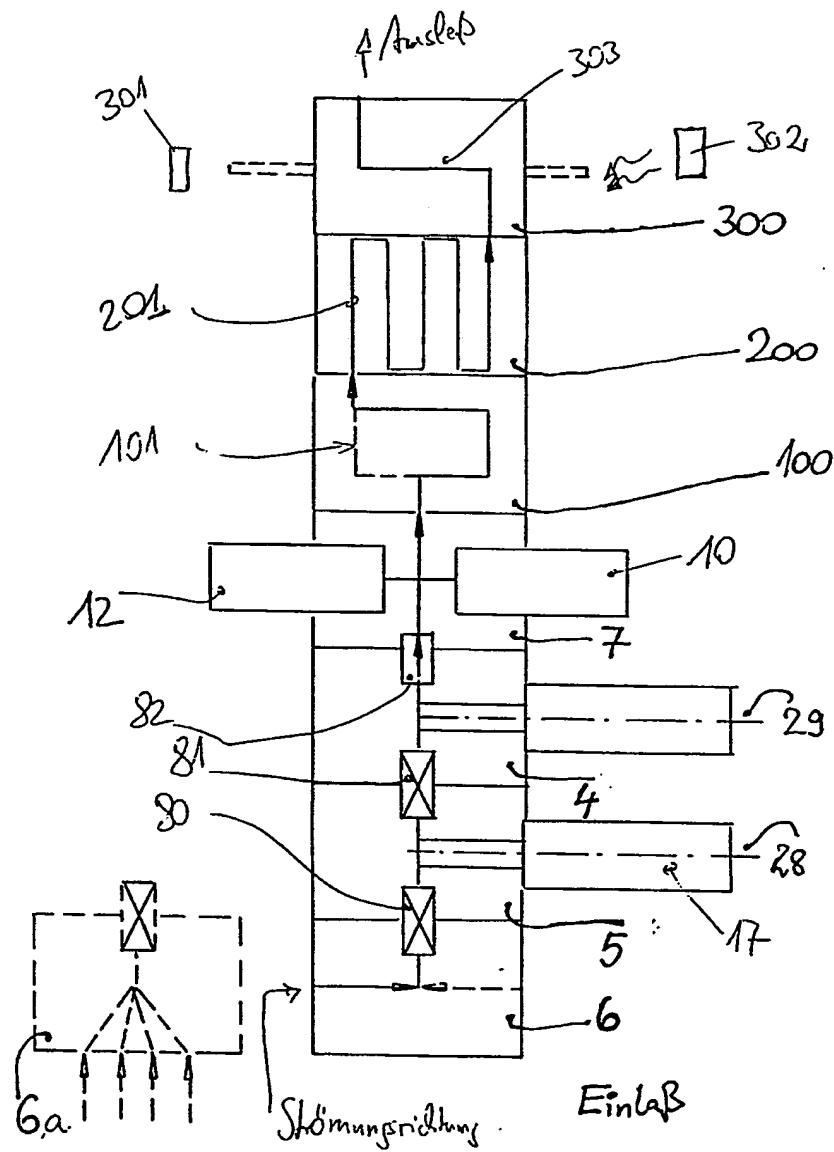
Fig. 3











**Figur 6**

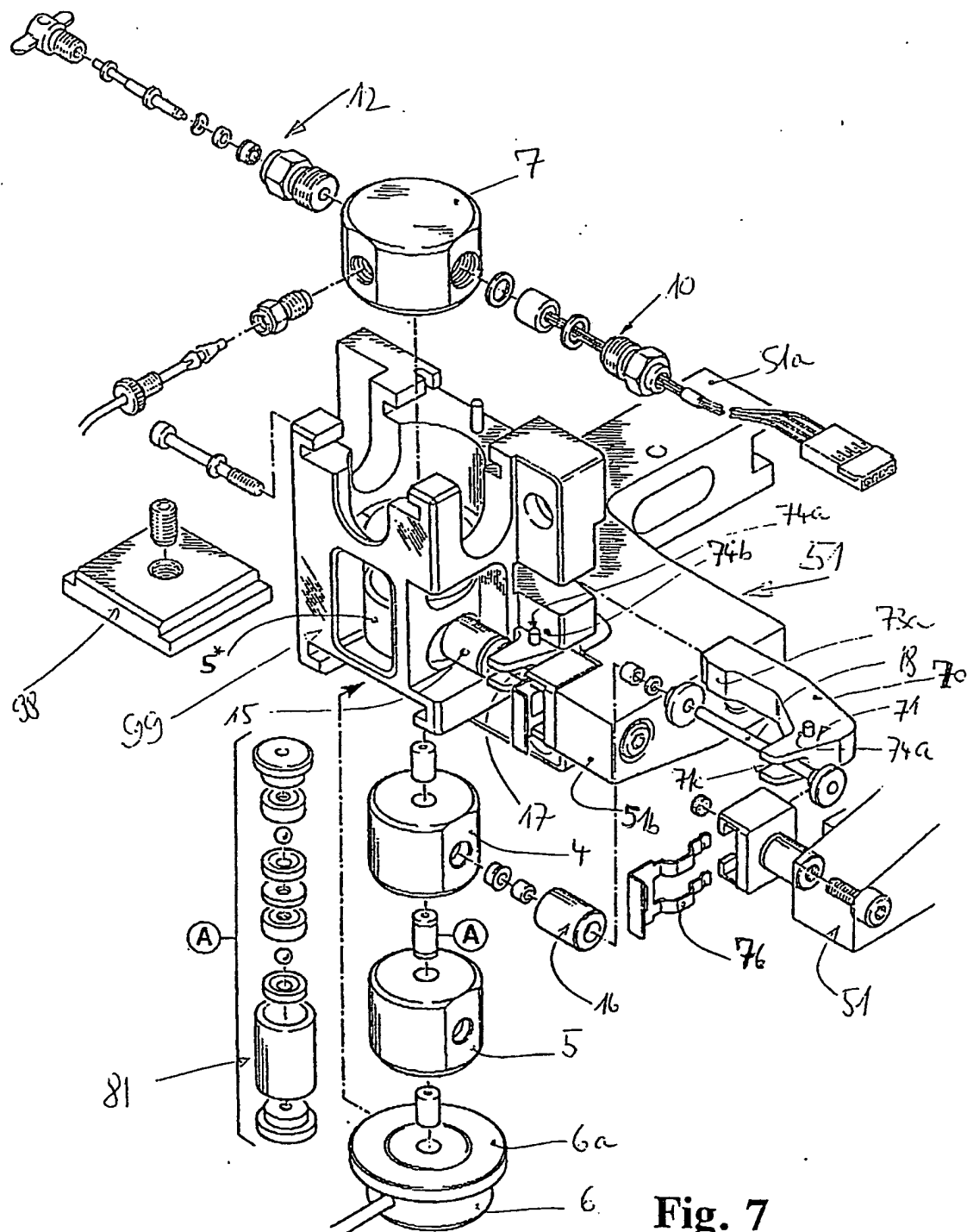


Fig. 7